WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

Электронные схемы и ковровые узоры в клеточной вселенной

А. К. ДЬЮДНИ

«Шахматная доска — это мир, фигуры — его явления, а правила игры — то, что мы называем законами Природы».

Томас Хенри Хаксли
«Свободное образование»

Как и шахматная доска, клеточный автомат тоже может представлять целый мир. На его решетке из квадратных клеток может разместиться значительно больше фигур, чем на шахматной доске, а количество возможных правил исчисляется у него мириадами. Мало того, цвета его клеток не ограничиваются черным и белым, они могут быть окрашены в любой цвет радуги. Что такое клеточный автомат? В свете рассматриваемых в настоящей статье примеров — это бесконечная двумерная поверхность, заполненная квадратиками, набор возможных состояний и часовой механизм. Каждая клетка всегда находится в том или ином допустимом состоянии. На каждом такте часового механизма каждая клетка меняет свое состояние в соответствии с определенными правилами, которые учитывают состояния соседних клеток.

Недавно мое внимание привлекли две программы, генерирующие клеточные автоматы: PHANTOM FISH TANK и RUDY RUCKER'S CA LAB (соответственно «Волшебный аквариум» и «Лаборатория КА Руди Ракера»). Люди, не обладающие навыками программирования, теперь могут заняться исследованием уже известных клеточных автоматов или создавать свои собственные.

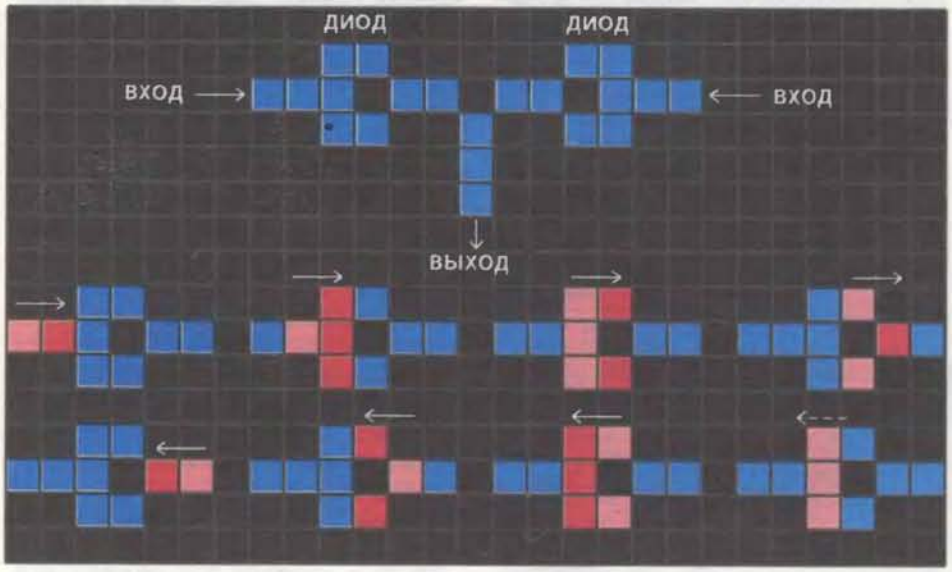
На протяжении многих лет в статьях нашей рубрики несколько раз приводились описания различных клеточных автоматов. В октябре 1970 г. знаменитый клеточный автомат под названием «Жизнь», изобретенный математиком Джоном Конвеем из Кембриджского университета, был впервые рассмотрен в журнале "Scientific American" Мартином Гарднером. «Жизнь» полна удивительных структур как статичных, так и подвижных. Рост этих структур напоминает развитие колонии бактерий. В октябрьском номере за 1988 г. была помещена статья с описанием клеточного автомата, моделирующего постоянную химическую реакцию, а в октябрьском номере за 1989 г. речь шла об эволюции клеточного автомата, называемого циклическим пространством, в котором первоначальное хаотическое состояние сменялось красивыми спиралями, конкурирующими в борьбе за жизненное пространство.

У каждого из этих клеточных автоматов свой набор правил, определяющих, каким образом изменяются состояния клеток в решетке. Обычно для проведения экспериментов с каким-нибудь новым клеточным автоматом необходимо было написать новую программу, воплощающую в себе соответствующий набор правил. А нельзя ли создать единую систему, каким-то образом воплощающую в себе все возможные клеточные автоматы?

Именно эта мысль пришла в голову Брайану Силвермену, и в 1987 г. он написал свою программу «Волшебный аквариум». (Силвермен руководит исследовательской программой в компании Logo Computer Systems в Монреале, занимающейся производством программного обеспечения компьютеров; он был одним из авторов компьютера из «тинкертоев», о котором шла речь в декабрьском номере нашего журнала за 1989 г.) В программе Силвермена компьютерный экран выступает в роли аквариума, а причудливые узоры, копошащиеся или плавно скользящие по клеточному пространству, — это рыба. В пакете программ Силвермена мне больше всего понравился клеточный автомат, с помощью которого можно создать простой компьютер, работающий в двумерном клеточном пространстве. Я назвал его миром электронных схем.

При помощи системы экранного редактирования, встроенной в программу PHANTOM FISH TANK, можно сконструировать и испытать в действии электронные схемы из клеточных «проводников» и «логических вентилей». Теоретически из этих клеточных устройств можно собрать компьютер сколь угодно большой мощности. На практике масштабы такого компьютера ограничиваются лишь несколькими вентилями и проводниками.

Однако этих нескольких устройств уже более чем достаточно, чтобы произвести впечатление на любого экспериментатора, увлеченного безграничными возможностями мира электронных схем. Строительными кирпичиками этого мира являются квадратные клетки автомата. В каж-



Вентиль ИЛИ, защищенный диодами (вверху). *Электрон проходит через диод в правильном направлении* (верхняя последовательность), *но блокируется, когда идет в неправильном направлении* (нижняя последовательность)

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

дый данный момент времени клетка может находиться в одном из четырех разрешенных состояний. Вместо номеров эти состояния имеют названия: фон, проводник, хвост электрона и голова электрона. Пара прилегающих друг к другу клеток, голова электрона и хвост электрона, образуют объект, называемый электроном.

Конечно, не так уж важно, как назвать ту или иную клетку, однако эти названия приобретают определенный смысл, когда мы обращаемся к правилам. На каждом такте игры клетка головы электрона становится клеткой хвоста электрона, клетка хвоста электрона становится клеткой проводника и иногда клетка проводника становится клеткой головы электрона; клетки фона никогда не изменяют своего состояния. Каждая клетка изменяет свое состояние в зависимости от состояния своих соседей — восьми клеток, касающихся ее по четырем сторонам квадрата и в угловых точках. Клетки проводника, в окрестности которых находятся одна или две клетки головы электрона, становятся сами клетками головы электрона, однако клетки, окрестность которых содержит три или более клеток головы электрона, остаются клетками проводника.

Вот с таким простым набором правил мир электронных схем готов к работе. Случайное исходное распределение клеток проводника и электронов, вероятнее всего, приведет лишь к короткому замыканию. Для того чтобы клетки могли что-то вычислять, играющий сначала должен сконструировать из клеток проводника и фона логические устройства. Затем он может испытать свои устройства, вводя электроны в проводники, которые так непохожи на настоящие проводники в реальных электронных устройствах. Построить клеточный компьютер — это лишь половина удовольствия; интересно наблюдать за тем, как он работает.

Чтобы создать проводник в клеточном пространстве, достаточно расположить несколько клеток проводника в одну линию и окружить их клетками фона. Чтобы ввести электрон в проводник, нужно заменить его первую клетку хвостом электрона, а вторую — головой электрона. Электрон начнет плавно перемещаться вдоль проводника вследствие принятых в клеточном пространстве правил: на каждом такте часового механизма клетка проводника, расположенная перед электроном, превращается в голову электрона, а голова электрона превращается в его хвост, хвост же превращается в клетку проводника.

Однако каким образом в этом клеточном компьютере принимаются решения? Рассмотрим конфигурацию, изображенную вверху на рисунке на с. 82. Два горизонтально расположенных проводника являются входными линиями вентиля ИЛИ, устройства, которое посылает электрон по вертикальному проводнику, если по одному или обоим входным каналам в него приходят электроны. На первый взгляд может показаться, что вентиль будет правильно работать и без странных прямоугольных блоков на каждой входной линии: если по одной или по обеим входным линиям движется электрон, по крайней мере один из них достигнет узловой точки, и один электрон наверняка продолжит путешествие по выходной линии. Проблема возникает, когда один электрон достигает узловой точки. Он не только продолжит свой путь по выходной линии устройства, но и пошлет свою копию по другой входной линии. Эта ситуация грозит аварией, когда другой электрон войдет в устройство по этой же линии и столкнется с образовавшимся в нем лишним электроном. При встрече они взаимно уничтожатся.

Ячейка памяти должна забыть 1 и запомнить 0

Прямоугольники на входных линиях предотвращают такие столкновения. Они представляют собой клеточные диоды, которые позволяют электронам проходить лишь в одном направлении. Диод имеет размеры 2 × 3 и в основном состоит из клеток проводника. Клетка, расположенная в центре одной из сторон прямоугольника, является фоновой; она прерывает проводник. Больше ничего и не требуется, как показывает диаграмма, приведенная на с. 82. Электрон, входящий со сплошной стороны, расщепляется на два и активирует клетку проводника по другую сторону от фоновой клетки. Электрон, проходящий в противоположном направлении, расщепляется на три электрона, которые не могут продолжить движения по проводнику, поскольку прилегающая к ним проводящая клетка, согласно правилам, не может активироваться тремя электронами. Вентиль ИЛИ, таким образом, можно легко построить, поставив по одному диоду на каждую входную линию.

Два других устройства дополнят набор используемых нами компонентов: это — запоминающая ячейка и вентиль НЕ (или инвертер). Для того чтобы построить компьютер в завершенном виде, потребуется, конечно, каким-то образом решить вопрос о тактировании внутренних сигналов. В обычных электронных компьютерах двоичный сигнал представляется не отдельными электронами, а уровнями напряжения — либо «высоким» (1), либо «низким» (0). В нашем клеточном компьютере 1 или 0 будут соответственно интерпретироваться как присутствие или отсутствие электрона. Однако и в клеточном автомате вычислительными действиями нужно правильно дирижировать. Между отдельными электронными сигналами должны быть выдержаны определенные временны́е интервалы. Последовательные сигналы, проходящие по любому проводнику в нашем компьютере, будут разделены некоторым постоянным числом тактов часового механизма. Если это число тактов равно, скажем, T, то через каждые T тактов каждая составляющая компьютера будет получать либо один электрон (1), либо ни одного электрона (0). Возникает вопрос, насколько малым можно сделать значение T?

Я предлагаю читателям самим сконструировать инвертер, дав им лишь несколько маленьких подсказок. Постройте замкнутый контур из клеток проводника, по которому один электрон мог бы циркулировать с периодом T секунд. Присоедините к

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NARODRU

контуру проводник, ведущий к конфигурации клеток, напоминающей обратный диод. По проводнику, связывающему устройство с внешним миром, через каждые T тактов поступает электрон (или неэлектрон). В первом случае электрон, движущийся по замкнутому контуру, вовремя входит в квазидиод и уничтожает поступающий извне электрон. Если же извне не приходит электрон, то электрон из контура проходит через выходную линию.

В логическом смысле у нас теперь имеется полный набор компонентов для построения компьютера. Пользуясь только инвертерами и вентилями ИЛИ, можно реализовать любую логическую функцию и собрать любое устройство, от мультиплексоров (устройств, управляющих потоками сигналов в компьютере) до ЦПУ (центрального процессорного устройства — очень сложного аппарата, который выполняет компьютерные программы). В этой статье мы не будем пытаться конструировать подобные устройства; достаточно будет показать, что мы располагаем всеми компонентами, необходимыми для построения компьютера.

Ну а как быть с памятью? Каким образом мы сможем построить запоминающие регистры компьютера? Стандартный рецепт заключается в том, чтобы воспользоваться так называемым триггером, который строится из имеющихся в наличии логических вентилей. Однако мне больше по душе идея создать свою оригинальную ячейку памяти. На рисунке на с. 83 показано устройство, которое я сконструировал с помощью программы PHANTOM FISH TANK (я воспользовался ею как при конструировании, так и при испытаниях устройства памяти).

В основе ячейки памяти лежит замкнутый контур, по которому циркулирует единственный электрон, когда в элементе хранится значение 1; в случае когда в нем хранится 0, электрон в контуре отсутствует. Две управляющие линии изменяют содержимое ячейки памяти. Электрон, движущийся по нижней линии и записывающий в ячейку значение 1, входит в контур в его левом верхнем углу. При этом не имеет значения, содержит ли контур один электрон или нет. Приходящий электрон попадает в контур точно в тот момент, когда в точку входа должен прибыть циркулирующий по контуру электрон, если он существует.

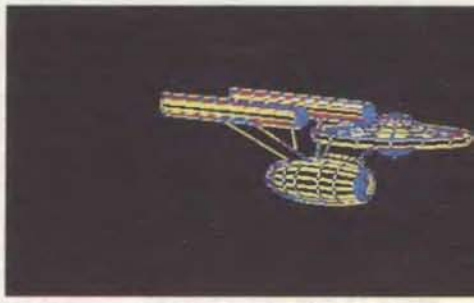
По верхней линии в ячейку поступает противоположный сигнал. Прибывающий по этой линии электрон сигнализирует о том, что впредь до следующего управляющего сигнала ячейка должна хранить значение 0. Электрон проходит сначала через предохранительный диод, а затем в другой диод. Последний в действительности представляет собой часть контура запоминающего элемента. Прибывающий электрон превращает три клетки диода со стороны контура в электроны точно в тот момент, когда циркулирующий электрон должен войти в диод снизу. В результате циркулирующий электрон уничтожается, так как все клетки, имевшие в предыдущий момент состояние головы электрона, переходят в состояние хвоста. Последние же не могут снова стать головой электрона в течение полного цикла. Контур «забывает» 1 и теперь «запоминает» 0. Разумеется, если он раньше хранил 0, то электрон в контуре отсутствовал. В этом случае электрон в нижней клетке диода пройдет в контур и будет двигаться «вверх по течению». Однако здесь нет причин для беспокойства: этот лишний импульс блокируется двумя другими диодами, прежде чем это приведет к ошибке. Один из этих диодов расположен на контуре, а другой предохраняет нижнюю входную линию.

Насколько длительным должен быть период, чтобы все протекало гладко? У самого короткого контура памяти, который я могу себе представить, период составляет 13 тактов. Если никому из читателей не удастся изобрести более быстрого запоминающего элемента, который функционировал бы так же, как и мой элемент, то мы должны будем довольствоваться основным циклом длительностью в 13 тактов часового механизма.

Силвермен с энтузиазмом относится к вычислительным возможностям клеточных автоматов. Он уже представляет себе компьютер, который не только способен работать на основе клеточных логических схем, подобных описанным выше, но может еще и модифицировать схемы по ходу работы, чтобы каким-то образом оптимизировать процесс вычисления, выполняемого в данный момент.

Руди Ракер предвидит еще более широкие горизонты, которые откроются перед клеточными автоматами в будущем. «Мне кажется, что величайшая научная задача конца XX в. заключается в создании живых машин ... Они будут таким же высочайшим достижением ученых в области кибернетики ... каким явилось создание собора Парижской богоматери средневековыми мастерами».

Реальны или нереальны подобные проекты, читатели в любом случае несомненно получат удовольствие, если попробуют свои силы в этой области, теперь когда Ракер в сотрудничестве с калифорнийской компанией Autodesk, выпускающей компьютерные игры, создал программный пакет под названием RUDY RUCKER'S CA LAB («Лаборатория КА Руди Ракера»). (Руди Ракер — писатель, работавший в жанре научной фантастики, решил променять беспокойный образ жизни свободного художника на относительно благополучную, но в то же время захватывающую академическую деятельность; он живет и работает неподалеку от Кремниевой долины в Калифорнии.) Его пакет состоит из двух программ: RC и CA. Первая программа, написанная самим Ракером, позволяет новичкам экспериментировать с набором интересных правил. Среди них правила для таких хорошо известных клеточных автоматов, как «Жизнь» и игра «Выборы» (см. статью в рубрике «Занимательный компьютер» в июньском номере журнала за 1985 г.) и ряд других правил, в том числе и «Мозг Брайана» (клеточный автомат, впервые описанный Силверменом). Программа CA, написанная Дж. Уокером из компании Autodesk, содержит средства, позволяющие создавать почти любой вид клеточного автомата.



Один из клеточных автоматов, к которому Ракер питает особую симпатию, называется «Коврик». Он создает цветные орнаменты в виде овальных форм и эллиптических полосок. Эти орнаменты чем-то напоминают рисунок настенных ковриков, которые когда-то ткали наши предки в графстве Ланкастер (шт. Пенсильвания); однако коврики клеточного автомата «живые» — волны различного цвета то наступают, то отступают, и орнамент постоянно меняется. Каким образом создается коврик Ракера?

В этом клеточном автомате каждая клетка имеет восемь соседних — четыре по сторонам квадрата и четыре по углам. В процессе, состоящем из четырех шагов, каждая клетка решает, в каком из 256 возможных состояний она войдет в следующий цикл. Сначала вычисляется средняя величина по состояниям восьми соседних клеток. На втором шаге полученная

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

Космический корабль «Энтерпрайз» растворяется в клеточном пространстве под названием «Жизнь»

средняя величина округляется до целого значения, дробная часть отбрасывается. На третьем шаге к этому числу прибавляется определенное приращение (выбираемое пользователем). И наконец, на четвертом шаге результирующая сумма маскируется другим числом, также задаваемым пользователем. «Маскирование» означает, что каждый бит представления нового состояния клетки логически комбинируется с битом двоичного представления числа, задаваемого пользователем. Например, если результатом вычисления будет число 107, а число-маска равно 224, то в процессе маскирования будут сопоставлены двоичные представления обоих чисел: 107 в двоичном коде имеет вид 01101011, а 224 — 11100000. В результате операции маскирования будет получено новое двоичное число, у которого 1 будет стоять лишь в тех позициях, в которых оба исходных числа имели по 1. В данном случае мы получим число 01100000. Маска по существу обрубает младшие биты вычисленной величины перед тем, как получить следующее состояние. Конечно, в качестве маски можно воспользоваться и числом 255 (11111111). В этом случае результат вычисления остается без изменения, и следующее состояние каждой клетки будет определяться суммой среднего состояния среди соседей и приращения, заданного пользователем. Даже такое маленькое приращение, как 1, приводит к возникновению узоров, проявляющих тенденцию либо к росту, либо к сжатию, тем самым коврики как бы «оживают».

Для любителей мысленных приключений, желающих совершить путешествие в неизведанные пространства, программа CA дает возможность указать любое правило, пользуясь целым рядом разнообразных режимов и языков. Можно задать как размеры пространства, так и те изменения, которым подвергается клетка, пересекающая границы. Перепрыгнет ли клетка на противоположную сторону экрана или удалится в память компьютера?

Игроки, настроенные менее серьезно, всегда могут выбрать какой-нибудь понравившийся им клеточный автомат из числа тех, которые демонстрируются программой, и затем запускать его из различных исходных конфигураций. Трудно, однако, указать начальное состояние для всех 8000 клеток. К счастью, Ракер предоставляет пользователю возможность применить в качестве исходных конфигураций знакомые ему изображения, такие как изображение космического корабля «Энтерпрайз», приведенное на с. 84 и 85. Его пикселы в действительности представляют собой цветные клетки клеточного автомата. Свою работу клеточный автомат «Коврик» начнет из этой исходной конфигурации, и космический корабль «Энтерпрайз» растворится в абстрактном «техническом» орнаменте. Если же запустить клеточный автомат под названием «Тепло», который моделирует тепловые потоки в материалах, то «Энтерпрайз» раскалится докрасна, затем приобретет фиолетовый цвет, и постепенно темнея, растворится в окружающем космическом пространстве. (У экипажа здесь нет шансов на спасение.) С этой же конфигурации можно начать и работу клеточного автомата «Жизнь». В этом случае космический корабль «Энтерпрайз» взорвется, образовав целое облако из «планеров», «мигалок», «маяков» и «пчелиных ульев».

Программу PHANTOM FISH TANK для компьютера Apple II можно заказать у фирмы Logo Computer Systems, Inc., написав Брайану Силвермену, а программу RUDY RUCKERS'S CA LAB для персонального компьютера IBM PC поставляет компания Autodesk, Inc.

В АВГУСТОВСКОМ номере журнала за прошлый год в нашей рубрике был проведен парад прозы и поэзии или, вернее, пародий на прозу и поэзию. Программа MARK V. SHANEY, которая читает обычный английский текст только для того, чтобы произвести чудовищно искаженные вариации на ту же тему, работает на основе цепей Маркова. Алгоритм программы крайне прост. По мере того как программа сканирует текст, она строит таблицу продолжений для двухсловных сочетаний. Иначе говоря, для каждой пары последовательных слов, которые программа встречает в анализируемом ею тексте, она фиксирует слово, стоящее после такой пары, каждый раз, когда ей попадается эта пара. Частотность слов, следующих за парой, легко преобразуется в вероятности на завершающем этапе процесса. Затем, когда программа «пересказывает» текст, она просто смотрит на последние два напечатанные ею слова, выбирает последующее слово, основываясь на вероятности, и печатает его, и так до бесконечности.

Я содрогался при одной мысли, что программа MARK V. SHANEY может когда-нибудь «пересказать» мою собственную статью, сведя тщательно продуманный текст к полнейшей чепухе. И вот К. Буллис из Кемпбелла (шт. Калифорния), реализовав SHANEY на компьютере Macintosh Plus, тут же и не взирая на мои личные чувства по этому поводу, ввел в машину мою статью из августовского номера. Полюбуйтесь, что сделала программа с этой статьей, так сказать, с первой попытки:

«Будьте осторожны с таблицей цепей Маркова для всех слов, рифмующихся с солнцем: донце, оконце и т. д. Просматривая их, ваш взгляд может остановиться на природе твердого или жидкого тела. Осмотритесь вокруг. Что представляют собой только те, что принимают участие в листьях зеленых растений. Это только первая остановка Манделобуса, которую можно приобрести, написав Пайку в тот момент, когда печальные клоуны входят в ваш музей страданий».

Г. Оттеуэлл из Гринвилля (шт. Южная Каролина) считает, что программы для сочинения стихов были не так хороши, как SHANEY. В частности, ему не понравился сонет, составленный программой Майкла Ньюмена, которая призвана помогать человеку, пишущему стихи. Здесь, наверное, виновата не столько программа, сколь-

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NARODRU

ко сам поэт. Между прочим, программа эта выполняется на персональном компьютере IBM PC. Она состоит из трех частей: POETRY PROCESSOR, NERD II (акроним от слов: электронный словарь рифм Майкла Ньюмена) и ORPHEUS A-B-C. Можно приобрести эти части по отдельности или все вместе как пакет программ под названием POETRY PROCESSOR PACKAGE.

Еще один словарь рифм был составлен К. Вуртцем из Бэрбенка (шт. Калифорния). QUICKRHYME — так назвал Вуртц свою программу — очевидно, справляется со многими более сложными задачами, связанными с вычислением рифмованных продолжений, не ограничиваясь их простым перечислением. Читатели, заинтересовавшиеся программой QUICKRHYME, могут приобрести ее, связавшись с Вуртцем по адресу: 859 Hollywood Way, Suite 401, Burbank, CA 91510.

В октябрьском номере в прошлом году мы поместили статью об исследовании клеточного автомата, который его изобретатель Дэвид Гриффит из Висконсинского университета в Мадисоне назвал циклическим пространством. После выхода этой статьи сотни любителей научных исследований занялись экспериментами с циклическим пространством. Я упомяну здесь лишь несколько наиболее интересных работ.

Клеточная вселенная Гриффита называется циклической из-за наличия своеобразных пищевых цепочек, действующих в популяции клеток. Клетка, находящаяся в состоянии k, поедает соседнюю клетку, находящуюся в состоянии $k - 1$. Если k равно нулю, то следующее низшее состояние равно $n - 1$, при условии, что полное число состояний равно n. Таким образом, пищевая цепочка становится пищевым циклом. Вначале, когда клеточное пространство заполнено клетками в произвольно выбранных состояниях (стадия осколков), при больших значениях n наблюдается низкая активность, потому что в среднем вероятность того, что клетка находится по соседству с другой клеткой в состоянии на 1 меньше, относительно мала.

Х. Смит из Саратоги (шт. Калифорния) исследовал пространство 320 × 200 клеток, каждая из которых находится в одном из 14 разрешенных состояний. Вначале около 25% клеток изменяют свое состояние на каждом итерационном шаге, однако через 15 поколений доля таких клеток снижается менее чем до 3%. Затем, говорит Смит, начинают формироваться пятна интенсивной активности, которые Гриффит называет капельками. По мере того как капли растут, процент клеток, изменяющих свое состояние на каждом шаге итераций, также растет. Затем приблизительно через 150 поколений этот процент начинает расти еще быстрее, и в конце концов достигается фаза демонов, в которой все клетки изменяют свое состояние на каждом итерационном шаге.

В статье, посвященной циклическому пространству, я предложил читателям найти небольшой прямоугольник клеток, который не содержит дефекта, но со временем произведет его. Под дефектом Гриффит подразумевает цепочку клеток, которая содержит непрерывный цикл из всех возможных состояний. Это то самое яйцо, из которого позже вылупляется демон. Самое изящное решение этой задачи удалось получить М. Эллеру из Сиэтла (шт. Вашингтон). Проследите, что случится со следующим прямоугольником размером 3 × 3 в циклическом пространстве с 8 состояниями

0 1 2
7 4 3
7 5 6

Дж. Бреретон из Вест-Хейвена (шт. Коннектикут) придумал интересную форму отображения процессов, разворачивающихся в циклическом клеточном автомате. Он выводит не одно, а два изображения циклического пространства, разделив экран на две части. В левой части экрана показывается последнее поколение клеток, а в правой — только те клетки, которые изменяют свое состояние при вычислении следующего поколения. Не ограничиваясь тем, что было задумано Гриффитом и описано в статье, Бреретон экспериментировал с моделями, учитывающими в качестве соседей не только четыре клетки по сторонам, но и четыре, касающиеся данной в углах квадрата. Новое пространство вселило в него чувство первооткрывателя: «Приближаясь к этой странной планете, мы сначала видим многоцветное покрывало из облаков, под которым невозможно различить никаких деталей. Затем, по мере того как мы сквозь последовательные циклы спускаемся ниже, на поверхности планеты через промежутки между облаками начинают проступать цветные узоры. Наконец, становятся видимыми четкие разграничительные линии между полями различного цвета, а за ними небольшие строения ...». Однако предоставим читателям самим завершить это описание, если они пожелают посетить планету Бреретона.

Наука и общество

Красное смещение?

КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ для астрономов — это как измерительная рулетка для плотников, апробированный инструмент, надежность которого, как правило, не подвергается сомнению. В современной космологии по существу все наблюдаемые случаи красного смещения объясняют эффектом Доплера: свет, излучаемый удаляющимся объектом, «растягивается», т. е. его длина волны сдвигается к красному концу спектра. Э. Вольф из Рочестерского университета в своей статье, опубликованной в журнале «Physical Review Letters», подверг пересмотру эту традиционную интерпретацию. Он предположил, что существует ранее не известный механизм, который может полностью воспроизводить эффект Доплера.

Вольф выдвинул предположение, что красное смещение может происходить, когда свет проходит через рассеивающую среду, в которой коэффициент преломления меняется случайным образом и в пространстве, и во времени. Если в среде действует подходящий физический механизм, частота света будет изменяться, даже когда источник покоится. Расчеты Вольфа показывают, что в принципе может возникать смещение по всему спектру, подобное доплеровскому.

Идея Вольфа вызвала большой интерес у его коллег и породила множество споров, отчасти из-за того, что теория Большого взрыва основана на результатах наблюдения красного смещения, которое считается свидетельством расширения Вселенной. Вольф не торопится делать вывод о том, что теория Большого взрыва неверна. «Здесь есть о чем подумать», — говорит он уклончиво.

По мнению Вольфа, более вероятно, что предложенный им механизм может объяснить давно дискутирующийся вопрос о существовании пар «квазар — галактика». В некоторых случаях квазары и галактики, которые должны быть связаны, имеют со-